

L'evolució de la vida a la Terra

ARQUEÀ

El començament de la vida, un fenomen extraordinari: al mar es van donar les condicions adequades perquè es formessin les primeres molècules orgàniques.

Aquestes molècules senzilles van anar formant, progressivament, compostos més complexos, com ara proteïnes, àcids nucleics, lípids i glúcids, que es van unir i especialitzar. Fins a donar lloc a les primeres cèl·lules.

Pot ser que part d'aquestes molècules o fins les primeres cèl·lules arribessin a la Terra dels nombrosos impactes de meteorits que rebia en aquesta època.

Apareix la cèl·lula procariota: les cèl·lules més primitives són les anomenades procariotes. Es reproduïxen asexualment i les cèl·lules resultants són idèntiques a la original. L'intercanvi de gens als bacteris és un mecanisme per augmentar la variabilitat genètica.

La Terra és habitada pels bacteris: els bacteris, formats per una sola cèl·lula procariota van ser els primers éssers vius de la Terra. La seva gran adaptabilitat ha donat lloc a totes les altres formes de vida.

La revolució de l'oxigen: els cianobacteris, amb una nova fotosíntesi que trencava la molècula d'aigua i alliberava oxigen a l'atmosfera (com la de les plantes), van provocar un augment significatiu d'oxigen a l'atmosfera.

La crisi oxigènica: l'increment dels nivells d'oxigen a l'atmosfera va provocar la desaparició de molts organismes. Només van sobreviure les espècies consumidores d'oxigen.



Fig. 1. *Estromatòlit*

Collenia amanthourhtensis

Els cianobacteris van ser els primers organismes constructors de roques sedimentàries orgàniques.

PROTEROZOIC

Apareix la cèl·lula eucariota: organismes procariotes van establir relacions de simbiosi i van donar lloc a les primeres cèl·lules eucariotes. L'aparició de la cèl·lula eucariota va ser un gran esdeveniment en l'evolució de la vida ja que aquestes cèl·lules són les que

posteriorment van originar els éssers pluricel·lulars.

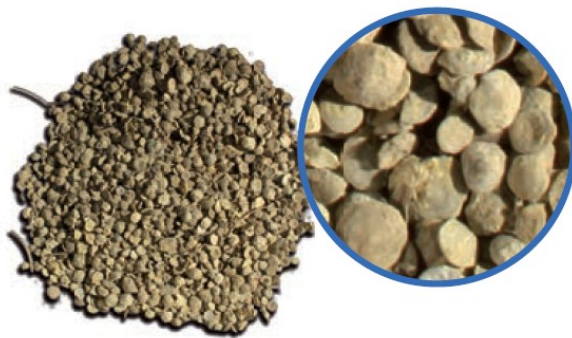
Augment de la biodiversitat: la reproducció sexual: les cèl·lules eucariotes es comencen a reproduir sexualment, una novetat cabdal en l'evolució. L'intercanvi d'informació genètica més intens, les mutacions i la recombinació genètica incrementen les possibilitats de variació dels individus.

Apareixen els primers fongs: són eucariotes pluricel·lulars amb quitina. Tenen característiques similars a les plantes però evolutivament són més propers als animals especialment pel fet de tenir quitina a la paret cel·lular.

Apareixen els protists: són un grup que comprèn les algues i els organismes eucariotes unicel·lulars.

La fauna d'Ediacara: un nou pas evolutiu dona lloc als primers ecosistemes dominats per organismes especialitzats. L'evolució de la Terra continua amb l'aparició d'organismes pluricel·lulars amb cèl·lules agrupades per funcions.

Els avantpassats de les plantes: les algues clorofícies són un grup que presenta característiques similars a les de les plantes, com ara ser fotosintètiques i emmagatzemar midó. Es consideren el grup a partir del qual van evolucionar les plantes superiors.



*Fig. 2 Orbitolina sp. © MCNB / Jordi Vidal
Els foraminífers són éssers unicel·lulars (protists)
dotats d'un esquelet extern format per
l'organisme a partir de carbonat càlcic dissolt a
l'aigua.*

*Fig. 3. Rèplica de fauna ediacara
Els vendobionts van viure en medis arenosos
poc profunds i ben oxigenats.
El penell de Charniodiscus oscil·lava a l'aigua
mentre l'ancoratge circular el fixava a fons.*





PALEOZOIC INFERIOR

L'explosió cambriana: a l'inici del paleozoic es produeix una gran diversificació de morfologies i un ràpid augment del nombre d'espècies.

El celoma i els escuts: dues innovacions evolutives determinants: el celoma va afavorir la compartimentació del cos dels animals, el desenvolupament dels òrgans i una major especiació dels teixits. Els animals van segregar esquelets externs o escuts per a protegir-se.

Porífers: els primers constructors d'esculls marins.

Cnidaris: coralls i meduses són abundants en aquest període.

Artròpodes: tenen el cos segmentat i desenvolupen apèndixs (potes) per desplaçar-se.

Mol·luscs: es diversifiquen i es tornen més complexos.

Equinoderms: els eriçons i les estrelles de mar esdevenen una peça important en els ecosistemes marins.

L'espina dorsal: el notocordi s'ossifica i es transforma en l'espina dorsal, formada per vertebres. El paix agnat (sense mandíbula) es considera el primer animal vertebrat.

Peixos amb mandíbula: els agnats desenvolupen un sistema nerviós autònom. A partir dels agnats s'originen els primers peixos amb mandíbula que diversifica les estratègies alimentàries podent engolir peixos més grans.



*Fig. 4. TRILOBITS
Elrathia Kingii
Entre els artròpodes primigenis,
els trilobits van ser els que van
tenir més èxit.*

PALEOZOIC SUPERIOR

Apareixen les gimnospermes, primeres plantes amb llavor: representen un salt important en l'evolució ja que fins aleshores les plantes es reproduïen per espores.

De la bufeta natatòria als pulmons i de les aletes a les potes: fa 416Ma l'evolució va transformar la bufeta natatòria en pulmons. Fa 395Ma un nou procés evolutiu va transformar les aletes en potes.

Els amfibis aquàtics i terrestres: fa 360Ma els primers animals amb 4 potes surten de l'aigua captant l'O₂ amb la pell o amb pulmons.

Els amniotes, l'ou abans que la gallina: l'ou amniòtic possibilita la independència definitiva dels animals del medi aquàtic.

Cinodonts, avantpassats dels mamífers: els Cinodonts desenvolupen el mecanisme de regulació de la temperatura corporal.

Aquest avantatge evolutiu respecte als altres rèptils els prepara per l'arribada dels mamífers. La dentició i la musculatura comencen un lent procés evolutiu amb millores en la digestió i els sentit de la oïda.



Fig. 5. *Branchiosaurus*
Similar als tritons actuals.



Fig. 6. *Mesosaurus sp.*

Petit rèptil d'aigua dolça que va viure al continent de Gondwana. La seva troballa a l'Àfrica meridional i al Brasil obeeix a la posterior ruptura i deriva d'aquell supercontinent.



Fig. 7. *Ginkgo huttoni*

*Els ginkgos van aparèixer al Permià i es van expandir al Juràssic; en iniciar-se el Terciari només sobrevivia una espècie que va desaparèixer al final del Plistocè excepte a la Xina central. L'actual *Ginkgo biloba* pot arribar a fer 35 m.*

MESOZOIC

Les primeres tortugues: originàriament eren terrestres però es van anar adaptant a altres medis com l'aigua dolça i el medi marí.

S'originen les aus: sorgeixen a partir dels coleosaures, un grup de dinosaures. Les primeres aus mantenen característiques reptilianes com la cua i les dents que van anar perdent amb el temps.

Apareixen les angiospermes, les plantes amb flors: va significar un avenç important en el procés evolutiu de les plantes amb canvis en els teixits i els òrgans reproductors, i sobre tot l'aparició de les flors com a principal innovació.



Fig. 8. Prognathodon anceps

Fragment de mandíbula d'un exemplar del grup dels mosasaures, rèptils marins carnívors. Al sostre, a l'entrada de "La Terra avui" podem observar-ne la rèplica d'un exemplar complet.

CENOZOIC

Els mamífers prenen el relleu: els mamífers es cobreixen de pèl i desenvolupen l'alletament de les cries.

Els mamífers naden i volen: un grup de mamífers es van adaptar a la vida aquàtica i van donar lloc als cetacis. Les extremitats d'alguns mamífers evolucionen i es transformen en ales amb una membrana, i també es desenvolupa un sistema d'ecolocalització per a la vida nocturna.

Els primats s'alimenten amb una mà: les principals novetats evolutives que diferencien els primats de la resta de mamífers són l'escurçament del musell i la migració dels ulls cap al davant de la cara i tenir una mà prènsil amb el polze separat.

El bipedisme: un gran avenç evolutiu: a l'Àfrica, els canvis ambientals i els processos evolutius van fer que un grup de primats adoptessin una postura erecta que els permetia aixecar-se i mirar per sobre de la vegetació de la sabana.

Aquest comportament, juntament amb alguns canvis anatòmics, va originar el bipedisme com a mitjà de locomoció.



El cervell humà, una gran fita de l'evolució: fa 4 milions d'anys. Un altre canvi rellevant va ser l'augment de la capacitat cranial i per consegüent del volum del cervell. El cervell és una gran eina que ens ha permès evolucionar i sobreviure amb èxit fins avui.

Fig. 9. Homo heidelbergensis Schoetensack

Va viure a Europa fa entre 500.000 i 200.000 anys. Eren individus de fins a 1,80 m d'alçada i 100 kg de pes.

COM I PER QUÈ EVOLUCIONEM?

La teoria de l'evolució ha esdevingut la columna vertebral del coneixement del món viu que ens envolta. Evolució és equivalent a canvi.

No evolucionem per desig

El coll llarg de les girafes, o el nostre bipedisme, no van sorgir pel desig d'uns individus que necessitaven menjar fulles més altres dels arbres o alliberar les seves mans com defensava Lamarck. Els primers homínids que van adoptar la locomoció bípeda no la van aconseguir per desig sinó per raó dels mecanismes evolutius dirigits per la natura. No vam evolucionar de primats quadrúpedes a bípedes per desig.

La natura dirigeix l'evolució

La idea clau és la selecció natural: els trets d'un ésser viu que n'afavoreixen la supervivència són seleccionats per la natura i es transmeten a la generació següent. Parlem de la supervivència del més apte, no de la supervivència del més fort.

L'èxit i el fracàs dels mutants

El canvi sobtat en el color de les ales d'una papallona, el coll més o menys llarg d'una girafa són producte del que anomenem mutacions, i les mutacions són fruit de l'atzar. L'evolució no segueix un disseny previ. Gràcies a les mutacions existeix el canvi.

Avis o cosins? Éssers més o menys evolucionats?

L'evolució no és una seqüència lineal sinó un arbre, l'arbre de la vida que explica les semblances, el parentiu i l'origen comú de tots els éssers vius del present i el passat. A la part superior de l'arbre apareixen totes les espècies vives a la mateixa alçada. Una falguera, un llangardaix o una rata actual són tan evolucionats com nosaltres. La gran semblança i proximitat entre els codis genètics en són una evidència.

Passat, present i futur de l'evolució

L'extinció és un fet habitual en l'evolució, i aquesta és la raó de trobar fòssils del passat. Alhora, l'evolució no és una història acabada... continua en el present i continuarà en el futur mentre hi hagi vida.



Fig. 10. *Australopithecus afarensis* "Lucy"

La diferenciació entre individus: la capacitat de la natura d'alterar models biològics es mostra en la creixent diversificació d'espècies i en la variabilitat entre individus d'una mateixa espècie. La natura alimenta la variabilitat en el moment de la reproducció, gràcies al fet que la còpia perfecta és realment rara.

Variabilitat interespecífica (diferències entre individus de diferents espècies)

- **Disseny extern:** les espècies que han evolucionat a partir d'ascendents comuns presenten grans semblances entre elles. En ocasions, el procés de diversificació d'espècies és molt actiu i estableixen una multitud d'espècies evolutivament properes entre si, com és el cas d'aquestes gavines.



Fig. 11. *Gavià argentat*



Gavinet



Gavina Capnegra
© MCNB / Jordi Vidal

- **Insularitat:** la insularitat provoca diferències entre les poblacions d'una espècie a cada illa d'un arxipèlag o entre illes i continent o també en poblacions aïllades per barreres ambientals (com als cims de muntanyes). Aquestes diferències poden donar peu a la formació de noves espècies.

Variabilitat intraespecífica (diferències dins una mateixa espècie)

En una mateixa espècie es poden observar rangs de variació individual en molts trets biològics.

- **Polimorfisme:** algunes espècies de lepidòpters presenten variacions de mida, color i forma alar segons l'estació anual en què neixen. En el cas d'aquestes papallones a l'hivern predominen els tons verds foscos i són més petites i a l'estiu predominen els verds clars i els exemplars són més grans.

- **Dimorfisme sexual:** moltes espècies d'escarabats presenten grans diferències morfològiques segons el sexe. També passa a moltes espècies de papallones.

- **Variabilitat geogràfica:** la variabilitat de formes dins una mateixa espècie en funció de la seva distribució geogràfica. *Cepaea nemoralis* o *Canis lupus* en són bons exemples.

- **Estacionalitat:** adaptacions a canvis climàtics previsibles en el cicle anual o a estratègies migratòries que deriven en mudes segons l'època de l'any.